

#2
日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

JC979 U.S. PTO
10/074624



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 2月13日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-081671

[ST.10/C]:

[JP2001-081671]

出 願 人

Applicant(s):

中山 喜萬
大研化学工業株式会社

2002年 1月22日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2002-3000521

【書類名】 特許願

【整理番号】 MH130213P1

【提出日】 平成13年 2月13日

【あて先】 特許庁長官 殿

【発明の名称】 発熱プローブ及び発熱プローブ装置

【請求項の数】 7

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府枚方市香里ヶ丘1丁目14番地の2、9-404

 【氏名】 中山 喜萬

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市城東区放出西2丁目7番19号 大研化学工業株式会社内

 【氏名】 原田 昭雄

【特許出願人】

 【識別番号】 599004210

 【住所又は居所】 大阪府枚方市香里ヶ丘1丁目14番地の2、9-404

 【氏名又は名称】 中山 喜萬

【特許出願人】

 【識別番号】 591040292

 【住所又は居所】 大阪府大阪市城東区放出西2丁目7番19号

 【氏名又は名称】 大研化学工業株式会社

 【代表者】 原田 昭雄

【代理人】

 【識別番号】 100084342

 【住所又は居所】 大阪府堺市百舌鳥梅北町3丁125番地の211

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 三木 久巳

 【電話番号】 0722(57)8679

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【書類名】 明細書

【発明の名称】 発熱プローブ及び発熱プローブ装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ホルダーに基端部を固定して先端部が突設された導電性ナノチューブ探針と、この導電性ナノチューブ探針の周面に形成された発熱体と、この発熱体に固定された導電性ナノチューブリード線と、この導電性ナノチューブリード線と前記導電性ナノチューブ探針の両端に通電する手段から構成され、前記発熱体に通電することを特徴とする発熱プローブ。

【請求項 2】 カンチレバー部に突出部を形成した A F M 用カンチレバーを利用し、この突出部を前記ホルダーとして用い、カンチレバー部に 2 本の電極膜を形成し、前記導電性ナノチューブリード線の一端を一つの電極膜に接続し、導電性ナノチューブ探針を他の電極膜に接続し、両電極膜間に通電するように構成された請求項 1 に記載の発熱プローブ。

【請求項 3】 カンチレバー部に突出部を形成した A F M 用カンチレバーを利用し、この突出部を前記ホルダーとして用い、カンチレバー部に 2 本の電極膜を形成し、前記ナノチューブリード線の一端を一つの電極膜に接合し、導電性ナノチューブ探針と他の電極膜の間を他の導電性ナノチューブリード線で連結し、両電極膜間に通電するように構成された請求項 1 に記載の発熱プローブ。

【請求項 4】 請求項 1、2 又は 3 に記載の発熱プローブと、この発熱プローブの導電性ナノチューブ探針の先端を試料に対し走査する走査機構と、導電性ナノチューブ探針の先端を通電する制御回路からなり、導電性ナノチューブ探針の先端により試料表面を走査することを特徴とする発熱プローブ装置。

【請求項 5】 前記試料が熱記録媒体であり、発熱プローブを用いて導電性ナノチューブ探針の先端を加熱し、熱記録媒体の表面に孔パターンにより情報を記録する請求項 4 に記載の発熱プローブ装置。

【請求項 6】 発熱プローブを用いて導電性ナノチューブ探針の先端を加熱しながら試料表面を走査し、発熱体からの放熱量変化又は発熱体の抵抗変化により試料表面の熱伝導度分布を検出する請求項 4 に記載の発熱プローブ装置。

【請求項 7】 発熱プローブを用いて導電性ナノチューブ探針の先端により

試料表面を走査し、試料表面の温度分布を発熱体の抵抗変化として検出する請求項 4 に記載の発熱プローブ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は試料表面に対しピンポイント的に熱的操作を行う発熱プローブに関し、更に詳細には、カーボンナノチューブのような導電性ナノチューブ探針をホルダーに固定して発熱プローブを構成し、導電性ナノチューブ探針の先端を加熱して熱記録媒体に超微細な溶融状の孔パターンを高密度に記録したり、試料表面の温度分布や熱伝導度分布などを検出できる発熱プローブ及び発熱プローブ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、情報の記録媒体として、磁気ディスクなどの磁気記録媒体や光ディスクなどの光記録媒体が多く用いられている。更に、近年になって熱記録媒体が開発されるようになった。この熱記録媒体は低融点の有機性物質で構成され、表面に熱により溶融状の孔を形成して情報を記録するものである。例えば、孔が” 1 ”を示し、孔が無ければ” 0 ”を示し、これらの孔列で情報を記録する。この孔の直径（以下、孔径と称する）が小さいほど高密度に情報を記録できるから、加熱用の発熱プローブのサイズが重要になってくる。

【0003】

図 9 は従来の発熱プローブを用いて情報を記録する際の概略斜視図である。この発熱プローブ 1 9 は原子間力顕微鏡（A F M）に用いられる A F M 用カンチレバー 2 を加工して構成されている。カンチレバー 2 はカンチレバー部 4 と、その先端に突設されたホルダー 8 から構成されている。A F M 用カンチレバーでは、このホルダー 8 は通常、突出部又はピラミッド部と称される。

【0004】

カンチレバー部 4 の両側面には電極膜 5、6 が設けられ、これらは導電性物質をコーティングして形成されている。電極膜 5、6 の後端部には接点 5 a、6 a

を通して制御回路 C が接続されている。この制御回路 C は所望の電圧（又は電流）を供給する電源 2 0 とスイッチ 2 1 から構成されている。

【 0 0 0 5 】

前記ホルダー 8 の側面には通電用電極膜 5 c、6 c が形成されており、この通電用電極膜 5 c、6 c は前記電極膜 5、6 にそれぞれ導通接続されている。この通電用電極膜 5 c、6 c の素材は電極膜 5、6 と同一である。また、ホルダー 8 は先鋭加工されたホルダー先端 8 a を有し、熱記録媒体 2 2 の表面に近接して配置されている。

【 0 0 0 6 】

次に、この発熱プローブ 1 9 の作用について説明する。スイッチ 2 1 をオンすると、電源 2 0 の電圧が通電用電極膜 5 c、6 c を介してホルダー 8 に印加される。AFM 用カンチレバー 2 のホルダー 8 はシリコン半導体から形成されており、電気抵抗値はかなり大きい。従ってホルダー 8 は発熱体として機能し、ホルダー 8 が発熱するに従って、ホルダー先端 8 a が加熱点となる。

【 0 0 0 7 】

ホルダー先端 8 a は熱記録媒体 2 2 の表面に近接して配置されているから、そのホルダー先端 8 a が直接対向している部分が加熱により溶融し、孔 2 3 が形成される。別設の駆動装置で発熱プローブ 1 9 を適宜に走査して行くと、孔 2 3 が間欠的に溶融形成される。これらの多数の孔 2 3 のオン・オフ形成により情報が熱記録媒体 2 2 に記録されて行く。

【 0 0 0 8 】

【発明が解決しようとする課題】

この孔 2 3 の孔径 D を小さくするほど、熱記録媒体 2 2 の記録密度は増大する。即ち、記録密度は 2 次元平面で考えなければならないから、記録密度は D^2 に反比例する。一方、孔径 D はホルダー先端 8 a の曲率半径に依存する。

【 0 0 0 9 】

ホルダー 8 は半導体技術で製作されるが、ホルダー先端 8 a の曲率半径を 1 0 nm 以下にすることは極めて難しい。孔径 D はこの曲率半径より大きくなるから、孔径 D を数十 nm 以下に制御することは至難の業である。従って、従来の熱記

録媒体の記録密度はA F M用カンチレバーを利用した発熱ホルダーによって限界に達していた。

【 0 0 1 0 】

熱記録媒体の入出力だけでなく、一般の試料表面のナノスケールにおける熱測定に関しても従来は問題があった。試料表面の温度分布測定をナノスケールで行う手段は従来存在しなかった。また、試料表面の熱伝導度分布をナノスケールで行う手段も従来存在しない。しかし、ナノ科学を強力に進展させてゆくためには、このような熱測定センサは不可欠である。

【 0 0 1 1 】

従って、本発明に係る発熱プローブ及び発熱プローブ装置は、カンチレバーに代えてカーボンナノチューブ等の導電性ナノチューブの先端を発熱点とすることにより、孔径Dを一気に数nmにまで極小化して、熱記録媒体の記録密度を激増させることを目的とする。また、導電性ナノチューブの先端部を利用して試料表面の温度分布や熱伝導度分布などの熱情報を検出することを目的とする。

【 0 0 1 2 】

【課題を解決するための手段】

請求項1の発明は、ホルダーに基端部を固定して先端部が突設された導電性ナノチューブ探針と、この導電性ナノチューブ探針の周面に形成された発熱体と、この発熱体に固定された導電性ナノチューブリード線と、この導電性ナノチューブリード線と前記導電性ナノチューブ探針の両端に通電する手段から構成され、前記発熱体に通電することを特徴とする発熱プローブである。

【 0 0 1 3 】

請求項2の発明は、カンチレバー部に突出部を形成したA F M用カンチレバーを利用し、この突出部を前記ホルダーとして用い、カンチレバー部に2本の電極膜を形成し、前記導電性ナノチューブリード線の一端を一つの電極膜に接続し、導電性ナノチューブ探針を他の電極膜に接続し、両電極膜間に通電するように構成された請求項1に記載の発熱プローブである。

【 0 0 1 4 】

請求項3の発明は、カンチレバー部に突出部を形成したA F M用カンチレバー

を利用し、この突出部を前記ホルダーとして用い、カンチレバー部に2本の電極膜を形成し、前記ナノチューブリード線の一端を一つの電極膜に接合し、導電性ナノチューブ探針と他の電極膜の間を他の導電性ナノチューブリード線で連結し、両電極膜間に通電するように構成された請求項1に記載の発熱プローブである。

【0015】

請求項4の発明は、請求項1、2又は3に記載の発熱プローブと、この発熱プローブの導電性ナノチューブ探針の先端を試料に対し走査する走査機構と、導電性ナノチューブ探針の先端を通電する制御回路からなり、導電性ナノチューブ探針の先端により試料表面を操作することを特徴とする発熱プローブ装置である。

【0016】

請求項5の発明は、前記試料が熱記録媒体であり、発熱プローブを用いて導電性ナノチューブ探針の先端を加熱し、熱記録媒体の表面に孔パターンにより情報を記録する請求項4に記載の発熱プローブ装置である。

【0017】

請求項6の発明は、発熱プローブを用いて導電性ナノチューブ探針の先端を加熱しながら試料表面を走査し、発熱体からの放熱量変化又は発熱体の抵抗変化により試料表面の熱伝導度分布を検出する請求項4に記載の発熱プローブ装置である。

【0018】

請求項7の発明は、発熱プローブを用いて導電性ナノチューブ探針の先端により試料表面を走査し、試料表面の温度分布を発熱体の抵抗変化として検出する請求項4に記載の発熱プローブ装置である。

【0019】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明に係る発熱プローブ及び発熱プローブ装置の実施形態を図面に従って詳細に説明する。

【0020】

図1は本発明に係る発熱プローブの第1実施形態の概略斜視図である。この発

熱プローブ 19 も従来の発熱プローブと同様に、AFM 用カンチレバー 2 を加工して構成されている。カンチレバー 2 はカンチレバー部 4 と、その先端に突設されたホルダー 8（突出部又はピラミッド部とも称する）から構成されている。

【 0 0 2 1 】

カンチレバー部 4 の両側面には電極膜 5、6 が設けられ、これらは導電性物質をローティングして形成されている。電極膜 5、6 の後端部には接点 5 a、6 a を通して制御回路 C が接続されている。この制御回路 C は電圧供給用の電源 20 とスイッチ 21 から構成されている。

【 0 0 2 2 】

前記ホルダー 8 には導電性ナノチューブ探針 10 が配置されている。この導電性ナノチューブ探針 10 は導電性ナノチューブの基端部 10 b をホルダー 8 に固定し、先端部 10 a を下方に突出させ、先端 10 c を熱記録媒体 22 の表面に近接配置して構成されている。

【 0 0 2 3 】

導電性ナノチューブ探針 10 の基端部 10 b はホルダー 8 に電子ビーム照射により熱融着されて固定されている。また、電流を通電して融着させてもよいし、コーティング膜により固定してもよい。この基端部 10 b と電極膜 5 の間には導電性ナノチューブリード線 12 を介装し、その両端を同様に熱融着して固定している。勿論、熱融着の代わりにローティング膜で固定してもよい。更に、基端部 10 b と融着部 13 b にはコーティング膜 14 a、14 b が被膜形成され、導電性ナノチューブ探針 10 と導電性ナノチューブリード線 12 をホルダー 8 と電極膜 5 に強固に固着する。

【 0 0 2 4 】

導電性ナノチューブ探針 10 の周面の要所には通電による発熱体 15 が堆積形成されている。発熱体 15 と電極膜 6 の間には導電性ナノチューブリード線 16 が介装されている。リード線端部 16 a、16 b は発熱体 15 と電極膜 6 にそれぞれ熱融着して接合されている。熱融着の代わりに、物理的吸着状態をコーティング膜で固定してもよいことは云うまでもない。これらのコーティング膜形成は PVD や CVD などの方法により簡単に行うことができる。

【0025】

リード線端部16bの融着部17は更にローテイング膜18により電極膜6に強固に固着されている。リード線端部16aには導電性ナノチューブ探針10と一体に外周全体を取り巻く被膜を形成することによって強固な固着を実現できる。但し、この外周被膜は図示されていない。

【0026】

ナノチューブは導電性ナノチューブと絶縁性ナノチューブに分けられる。導電性ナノチューブにはカーボンナノチューブのような通電性のナノチューブが含まれ、絶縁性ナノチューブにはBCN系ナノチューブやBN系ナノチューブ等の非通電性のナノチューブが含まれる。PVD法やCVD法など公知の方法により絶縁性ナノチューブの表面に導電性被膜を形成すると導電性を付与できるから、このようなナノチューブも導電性ナノチューブに属することになる。

【0027】

本発明で用いられるナノチューブ探針やナノチューブリード線は電圧を印加して電流通電を行うから、導電性を有する必要がある。従って、それらを導電性ナノチューブ探針及び導電性ナノチューブリード線と称している。

【0028】

コーティング膜を形成するには、所要場所に電子ビームを照射し、電子顕微鏡装置内に不純物として存在する有機物を分解してカーบอนを前記所要場所に堆積させればよい。勿論、前記所要場所に堆積した有機物に照射しても、カーボン以外が放散されカーボンが残留して被膜を形成する。勿論、有機性ガスを装置内に導入して分解させてもよい。電子ビームに代えてイオンビームでも同様の処理が可能である。

【0029】

発熱体の材料には、Ag、Ni、Au、Pd、Mo、Mn、W等の金属材料、あるいは Re_2O_3 、 Mn_2O_3 、 LaMnO_3 等の金属間化合物など公知の抵抗材料を用いることができる。また、これらの発熱発熱体原料を有機金属ガスの形で装置内に導入し、電子ビーム又はイオンビームにより分解して薄膜状に堆積させて発熱体を構成できる。

【 0 0 3 0 】

導電性ナノチューブの典型例はカーボンナノチューブである。カーボンナノチューブの断面直径は約 1 nm ～ 数十 nm にまで分布し、軸長は nm オーダーから μ m オーダーにまで分布している。本発明に直接関連するのは断面直径であり、ナノチューブの構造から発現する最小理論値は約 1 nm である。図 1 に示される導電性ナノチューブ探針 10 の断面直径は約 1 nm である。このように、極小の断面直径を有した発熱プローブは本発明が最初である。

【 0 0 3 1 】

次に、上記構成の作用について説明する。スイッチ 21 をオンして電源 20 により発熱体 15 に電圧を印加する。電流の通電により発熱体 15 は抵抗発熱し、導電性ナノチューブ探針 10 の先端 10 c が発熱点となる。電源 20 は電圧回路だけでなく電流回路としても構成できる。

【 0 0 3 2 】

この先端 10 c は熱記録媒体 22 の表面に近接して配置されているから、先端 10 c の発熱により熱記録媒体 22 の所要部が溶融して孔 23 が形成される。この孔 23 の孔径 d は先端 10 c の直径に依存する。前述したように、この先端 10 c の直径は約 1 nm であるから、孔径 d も数 nm 程度である。

【 0 0 3 3 】

この孔 23 が形成されると、熱記録媒体 22 に情報が記録されたことになる。ナノチューブによる孔径 d は従来の孔径 D の $1/10$ 以下であるから、孔面積は $1/100$ 以下になる。つまり、単位面積当たりの孔数を与える情報記録密度は従来の 100 倍以上に設定できることが理解できる。

【 0 0 3 4 】

孔 23 が形成されると " 1 " を与え、孔が無い場合は " 0 " を与えると定義すると、制御回路 C の通電制御によって、熱記録媒体 22 に断続的に孔 23 を形成することができる。逆に、孔 23 がある場合を " 0 " とし、孔 23 が無い場合を " 1 " と定義しても同様である。

【 0 0 3 5 】

この発熱プローブ 19 は発熱プローブであると同時に、走査型顕微鏡用プロー

ブでもある。つまり、制御回路Cを停止させておくと、先端10cはAFM用の探針として機能する。熱記録媒体22の表面を先端10cによりAFM操作すると、その凹凸を検出して記録された情報を出力することができる。言いかえると、この発熱プローブ19は孔形成によって情報を記録し、AFM操作によって情報を読み取って、情報を出力することができる。即ち、この発熱プローブ19は熱記録媒体22の入出力用プローブである。

【0036】

図2は本発明に係る発熱プローブの第2実施形態の概略斜視図である。第1実施形態と同一部分には同一符号を打ってその作用効果の説明を省略する。第1実施形態と異なる部分は、接合電極膜5b、6bをホルダー8に形成したことである。この内、接合電極膜5bは導電性ナノチューブリード線12に代えて設けられている。

【0037】

この接合電極膜5bは電極膜5と電氣的に導通している。従って、導電性ナノチューブ探針10の基端部10bをコーティング被膜14aで固定するだけで、導電性ナノチューブ探針10への電圧印加が可能になる。つまり、導電性ナノチューブリード線12と融着部13b及びコーティング膜14bが不要となり、これらの処理工程が割愛できる特徴を有している。また、リード先端部16bは接合用電極膜6bに固定されるので、導電性ナノチューブリード線16には短いものが使える利点がある。

【0038】

接合電極膜5bの形成は電極膜5、6の形成工程と同時にできるので、前述した処理工程を省略できる点で製造コストの低下を実現できる。この発熱プローブ19が熱記録媒体22への情報入力とそれからの情報の読取り出力ができる点は第1実施形態と同様であるから、その詳細は省略する。

【0039】

図3は熱記録媒体への記録開始の模式図である。熱記録媒体22の表面22aに先端10cを接近させて発熱プローブ19を配置する。この状態で、通電すると、発熱プローブ19の先端10cが発熱し、表面22aを一部溶融して孔23

を形成する。

【 0 0 4 0 】

図 4 は熱記録媒体への多点記録の模式図である。発熱プローブ 1 9 を熱記録媒体 2 2 の表面 2 2 a に対し走査しながら、先端 1 0 c を制御回路 C により断続的に加熱すると、表面 2 2 a には多数の孔 2 3 が形成される。この孔列のオンオフにより多数の情報が熱記録媒体 2 2 に記録されて行く。

【 0 0 4 1 】

図 5 は記録された孔列の発熱プローブによる A F M 読み取りを示す模式図である。発熱プローブ 1 9 を元の位置に戻し、導電性ナノチューブ探針 1 0 の先端を表面 2 2 a に接触させる。この状態で、発熱プローブを A F M 走査し、先端 1 0 c で孔列の凹凸パターンを読み取って行く。この読み取りが熱記録媒体 2 2 からの情報出力になる。

【 0 0 4 2 】

図 6 は熱記録媒体の熱リセットを示す模式図である。孔列情報が記録された熱記録媒体 2 2 の表面 2 2 a に対しヒータ 2 4 を対向配置する。ヒータ 2 4 により熱記録媒体 2 2 の表面 2 2 a を加熱すると、表面 2 2 a の全面が熱溶融して孔列が一時に消去され、全面がフラットになる。記録された情報がリセットされたことを示す。走査型の線状ヒータを用いれば、走行操作することによって、面状ヒータと同様の作用効果を得ることができる。

【 0 0 4 3 】

図 7 は本発明に係る発熱プローブ装置の第 1 実施形態の構成図である。この発熱プローブ装置は発熱プローブ 1 9 とその走査機構 S D から構成される。発熱プローブ 1 9 は図示しないホルダーセット部に着脱自在に固定される。発熱プローブ 1 9 の交換は発熱プローブ 1 9 を取り替えることによって行われる。ホルダーセット部に固定した後、導電性ナノチューブ探針 1 0 の先端 1 0 c を熱記録媒体 2 2 の表面 2 2 a に近接配置する。

【 0 0 4 4 】

熱記録媒体 2 2 はピエゾ素子からなる走査駆動部 2 8 により X Y Z 方向に駆動される。3 0 は半導体レーザー装置、3 2 は反射ミラー、3 3 は上検出器 3 3 a

と下検出器 3 3 b からなる二分割光検出器、3 4 は X Y Z 走査回路、3 5 は A F M 表示装置、3 6 は Z 軸検出回路である。

【 0 0 4 5 】

熱記録媒体 2 2 の表面 2 2 a は水平性と平滑性を有しており、先端 1 0 c を Z 方向に所要距離まで接近させた後は、走査駆動部 2 8 により発熱プローブ 1 9 を X Y 方向に走査する。これらの駆動は X Y Z 走査回路 3 4 に制御され、表面 2 2 a の打孔点の走査図が A F M 表示装置 3 5 に表示される。このようにして、熱記録媒体 2 2 の表面 2 2 a に情報が孔列として記録されて行く。

【 0 0 4 6 】

次に、打孔された孔列の読み取り、即ち記録情報をこの発熱プローブ装置 2 6 により出力する。まず、導電性ナノチューブプローブ 1 0 の先端 1 0 c を熱記録媒体 2 2 の表面 2 2 a に、所定の斥力位置になるまで、接近させる。その後、Z 位置を固定した状態で、走査回路 3 4 で走査駆動部 2 8 を X Y 走査する。

【 0 0 4 7 】

このとき、表面原子の凹凸でカンチレバー 2 が撓み、反射したレーザービーム L B が二分割光検出器 3 3 に位置変位して入射する。上下の検出器 3 3 a、3 3 b の光検出量の差から Z 軸方向の変位量を Z 軸検出回路 3 6 で算出し、この変位量を打ち消すように Z 位置を調節する。これを表面の凹凸量として A F M 表示装置 3 5 に表面原子像を表示する。

【 0 0 4 8 】

この表面凹凸像は記録されている孔列像であり、孔列像の検出により記録情報の内容が出力されたことになる。この装置では、熱記録媒体 2 2 を X Y Z 走査する構成にしているが、発熱プローブ 1 9 を X Y Z 走査しても構わない。

【 0 0 4 9 】

図 7 では光てこ方式で試料表面像を検出したが、圧電体方式も開発されている。カンチレバー部に圧電体を配置しておき、カンチレバー部の撓みを圧電体の変形で検出し、その変形量に比例して発生する電圧で Z 軸変位、即ち凹凸量を検出するものである。この圧電体方式を利用することもできる。

【 0 0 5 0 】

図 8 は本発明に係る発熱プローブ装置の第 2 実施形態の構成図である。この例では、A F M 用カンチレバーを使用せず、S T M 用ホルダーを使用している。ここで S T M は走査型トンネル顕微鏡を意味する。このホルダー 8 は絶縁性の平板状のホルダーで、これに導電性ナノチューブ探針 1 0 を融着及びコーティング膜により固着して構成されている。

【 0 0 5 1 】

導電性ナノチューブ探針 1 0 とホルダー 8 との具体的構成は図 1 又は図 2 と全く同様であるため、詳細は図示していない。しかし、その構成を説明すると、導電性ナノチューブ探針 1 0 の外周面に発熱体が堆積され、この発熱体に導電性ナノチューブリード線の一端が固定される。この導電性ナノチューブリード線他端と導電性ナノチューブ探針 1 0 の基端部 1 0 b には 2 本の電極膜を介して電圧印加用の制御回路が接続される。この制御回路により前記発熱体を通電発熱させて導電性ナノチューブ探針 1 0 の先端 1 0 c を発熱点とする。

【 0 0 5 2 】

このホルダー 8 をホルダーセット部 2 5 の切り溝 2 5 a に嵌合してバネ圧で着脱自在に固定する。X ピエゾ 2 8 x、Y ピエゾ 2 8 y、Z ピエゾ 2 8 z からなる走査駆動部 2 8 は、ホルダーセット部 2 5 を X Y Z の 3 次元方向に伸縮操作して発熱プローブ 1 9 の熱記録媒体 2 2 に対する走査を実現する。3 8 はトンネル電流検出回路、3 9 は Z 軸制御回路、4 0 は S T M 表示装置、4 1 は X Y 走査回路である。

【 0 0 5 3 】

まず、Z 軸制御回路 3 9 で導電性ナノチューブ探針 1 0 の先端 1 0 c を熱記録媒体 2 2 の表面 2 2 a に所定距離まで接近させる。その後、X Y 走査回路 4 1 により先端 1 0 c を走査しながら、熱記録媒体 2 2 の表面 2 2 a に孔列を溶融形成して情報を入力する。

【 0 0 5 4 】

次に、記録された孔列情報を S T M 走査により読み取り、情報出力を行う。即ち、各 X Y 位置においてトンネル電流が一定になるように Z 軸制御回路 3 9 で先端 1 0 c を Z 方向に伸縮制御し、この移動量が Z 軸方向の凹凸量になる。発熱プ

ローブ 19 を X Y 走査するに従い S T M 表示装置 40 に孔列の表面原子像が表示される。本実施形態では、発熱プローブ 19 を交換する場合には、ホルダー 8 をホルダーセット部 25 から取り外し、発熱プローブ 19 の全体を一体で交換する。

【 0 0 5 5 】

以上の例では、発熱プローブを熱記録媒体の入出力プローブとして利用したが、他の利用方法も存在する。以下では、熱記録媒体に代えて試料を配置する。例えば、試料表面の温度分布を測定するプローブとして利用する。プローブを試料表面に近接させると発熱体が試料表面の温度に感応して発熱体の抵抗値が変化し、発熱体に所定電圧を印加しておく、電流が変化する。この状態でプローブを試料表面に対し走査すると、温度分布に応じて抵抗値が連続的に変化し、この電流変化により試料表面の温度分布を測定することができる。

【 0 0 5 6 】

他の例では、試料表面の熱伝導度分布を測定するプローブとして利用できる。発熱体に所定電圧を印加して一定量の発熱率で発熱させる。このプローブを試料表面に接近させると、熱が試料表面に熱伝導度に従って散逸してゆく。この放熱率に従って発熱体が冷却されて抵抗値が変化し、この抵抗変化が電流変化を生起する。この電流変化により試料表面の熱伝導度分布が測定できる。

【 0 0 5 7 】

本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想を逸脱しない範囲における種々の変形例、設計変更などをその技術的範囲内に包含することは言うまでもない。

【 0 0 5 8 】

【発明の効果】

請求項 1 の発明によれば、ホルダーに発熱体を形成した導電性ナノチューブ探針を固定して発熱プローブを構成し、発熱体を通電させて導電性ナノチューブ探針の先端を試料表面に接近させるから、試料が熱記録媒体の場合には前記先端が発熱点となり、溶融形成される孔径を最小でも数 nm にまで極小化でき、熱記録密度を飛躍的に向上させることができる。また、試料表面の温度分布や熱伝導度

分布などの熱情報を検出する場合には、ナノスケールの精度で熱情報を検出することができる。

【 0 0 5 9 】

請求項 2 の発明によれば、A F M 用カンチレバーの突出部をホルダーとして用い、このホルダーに導電性ナノチューブ探針を固定して発熱プローブを構成するから、蓄積されたカンチレバーの製造技術を直ちに適用して比較的容易に発熱プローブを安価に供給できる。

【 0 0 6 0 】

請求項 3 の発明によれば、A F M 用カンチレバーを活用すると共に、2 本の導電性ナノチューブリード線を用いて発熱体に通電するから、導電性ナノチューブリード線の柔軟性により発熱体通電用の電極構成が簡単に構成できる。

【 0 0 6 1 】

請求項 4 の発明によれば、発熱プローブとその走査機構と発熱用の制御回路から発熱プローブ装置を構成したから、走査機構として A F M 走査機構や S T M 走査機構を導入すれば、試料の熱情報を高精度に読み取ることができる。

【 0 0 6 2 】

請求項 5 の発明によれば、熱記録媒体に対し、情報をナノスケールの孔パターンで高密度に記録でき、しかもその情報の読み取りも可能であり、熱記録媒体に対する情報の入出力を高密度且つ高精度に行うことができる。

【 0 0 6 3 】

請求項 6 の発明によれば、この発熱プローブを用いて、発熱体からの放熱量変化又は発熱体の抵抗変化により試料表面の熱伝導度分布をナノスケールの意味で高精度に検出することができる。

【 0 0 6 4 】

請求項 7 の発明によれば、この発熱プローブを用いて、試料表面の温度分布を発熱体の抵抗変化としてナノスケールの意味で高精度に検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明に係る発熱プローブの第 1 実施形態の概略斜視図である。

【図 2】

本発明に係る発熱プローブの第 2 実施形態の概略斜視図である。

【図 3】

熱記録媒体への記録開始の模式図である。

【図 4】

熱記録媒体への多点記録の模式図である。

【図 5】

発熱プローブによる記録孔の A F M 読み取りを示す模式図である。

【図 6】

熱記録媒体の熱リセットを示す模式図である。

【図 7】

本発明に係る発熱プローブ装置の第 1 実施形態の構成図である。

【図 8】

本発明に係る発熱プローブ装置の第 2 実施形態の構成図である。

【図 9】

従来の発熱プローブを用いて情報を記録する際の概略斜視図である。

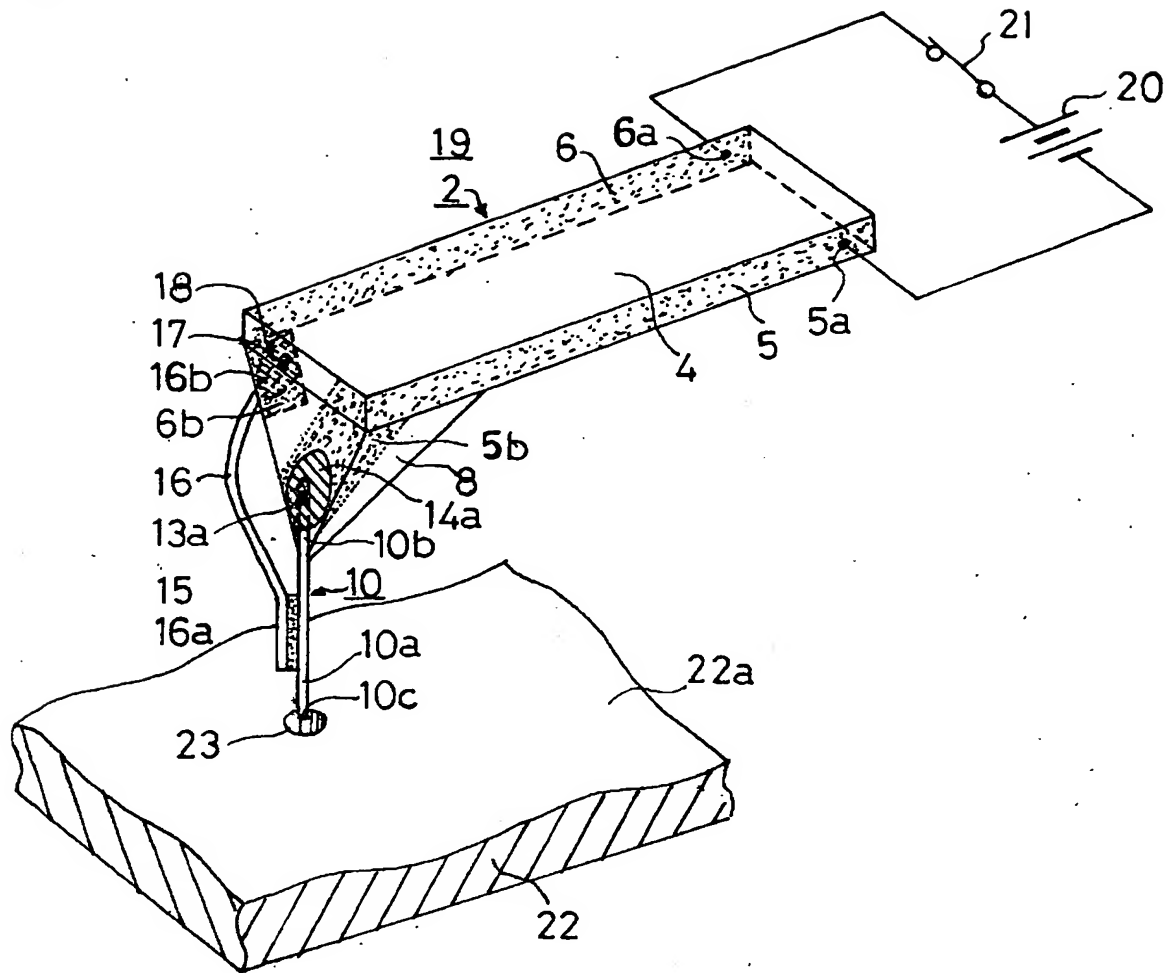
【符号の説明】

- 2 カンチレバー
- 4 カンチレバー部
- 5 電極膜
- 5 a 接点
- 5 b 接合電極膜
- 6 電極膜
- 6 a 接点
- 6 b 接合電極膜
- 8 ホルダー
- 1 0 導電性ナノチューブ探針
- 1 0 a 先端部
- 1 0 b 基端部

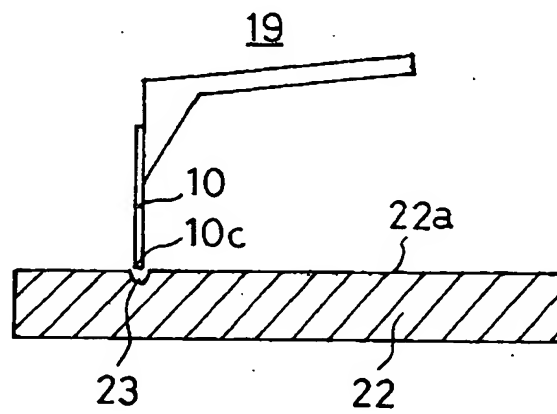
- 1 0 c . . . 先端
- 1 2 . . . 導電性ナノチューブリード線
- 1 3 a . . . 融着部
- 1 3 b . . . 融着部
- 1 4 a . . . コーティング膜
- 1 4 b . . . コーティング膜
- 1 5 . . . 発熱体
- 1 6 . . . 導電性ナノチューブリード線
- 1 6 a . . . リード線端部
- 1 6 b . . . リード線端部
- 1 7 . . . 融着部
- 1 8 . . . コーティング膜
- 1 9 . . . 発熱プローブ
- 2 0 . . . 電源
- 2 1 . . . スイッチ
- 2 2 . . . 熱記録媒体
- 2 2 a . . . 表面
- 2 3 . . . 孔
- 2 4 . . . ヒータ
- 2 5 . . . ホルダーセット部
- 2 5 a . . . 切り溝
- 2 6 . . . 発熱プローブ装置
- 2 8 . . . 走査駆動部
- 2 8 x . . . Xピエゾ
- 2 8 y . . . Yピエゾ
- 2 8 z . . . Zピエゾ
- 3 0 . . . 半導体レーザー装置
- 3 2 . . . 反射ミラー
- 3 3 . . . 二分割光検出器

- 3 3 a . . . 上検出器
- 3 3 b . . . 下検出器
- 3 4 . . . X Y Z 走査回路
- 3 5 . . . A F M 表示装置
- 3 6 . . . Z 軸検出回路
- 3 8 . . . トンネル電流検出回路
- 3 9 . . . Z 軸制御回路
- 4 0 . . . S T M 表示装置
- 4 1 . . . X Y 走査回路
- C 制御回路
- d、D . . . 孔径
- S D . . . 走査機構

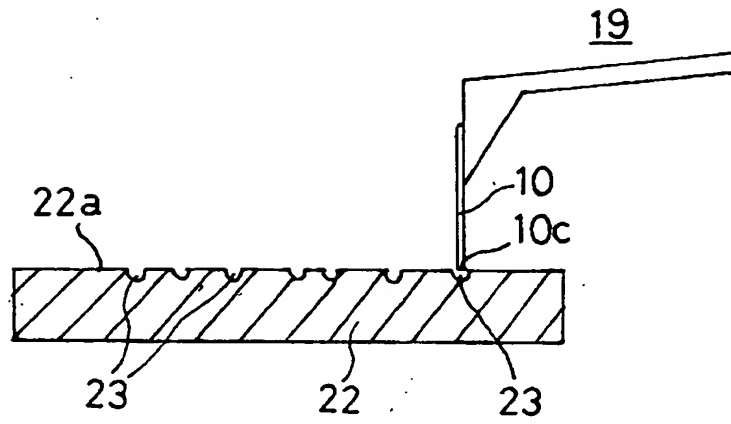
【図 2】



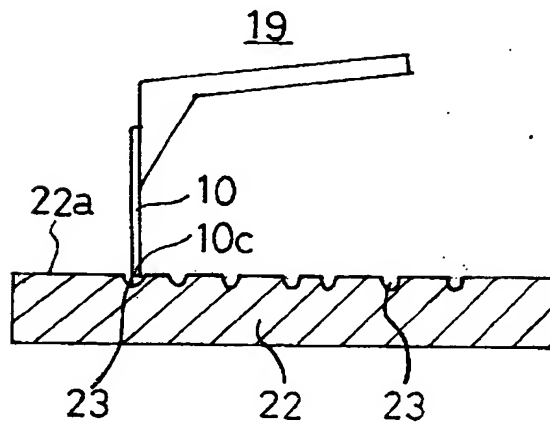
【図 3】



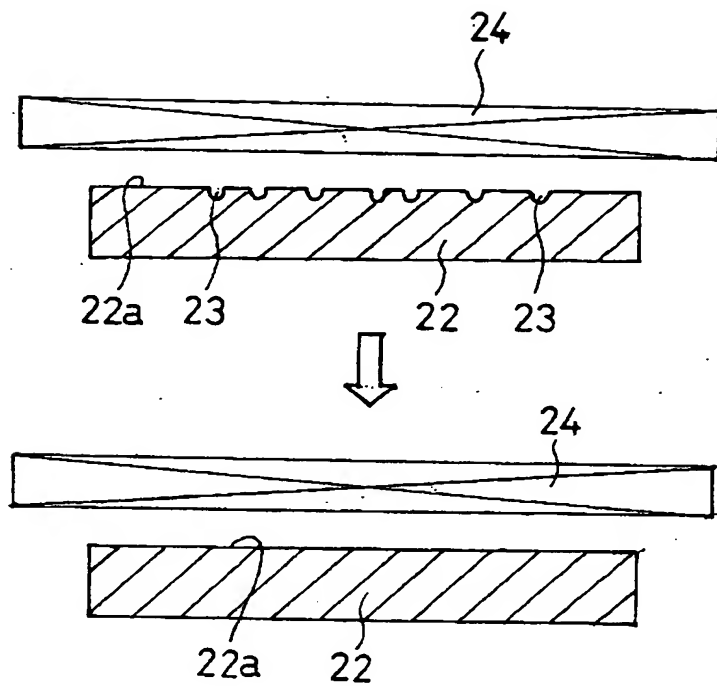
【図 4】



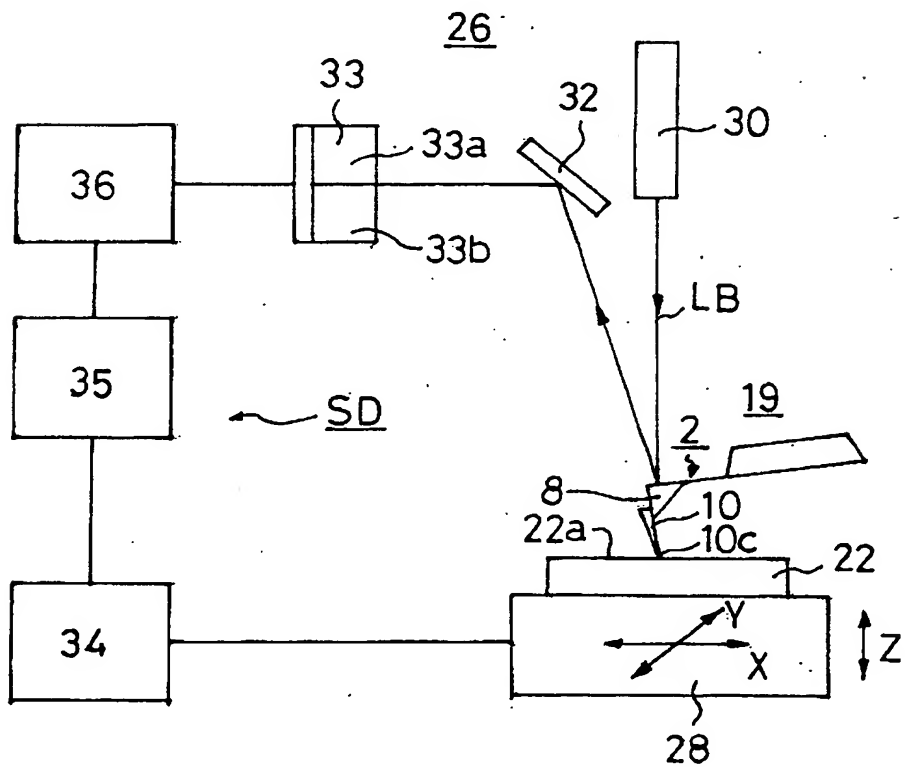
【図 5】



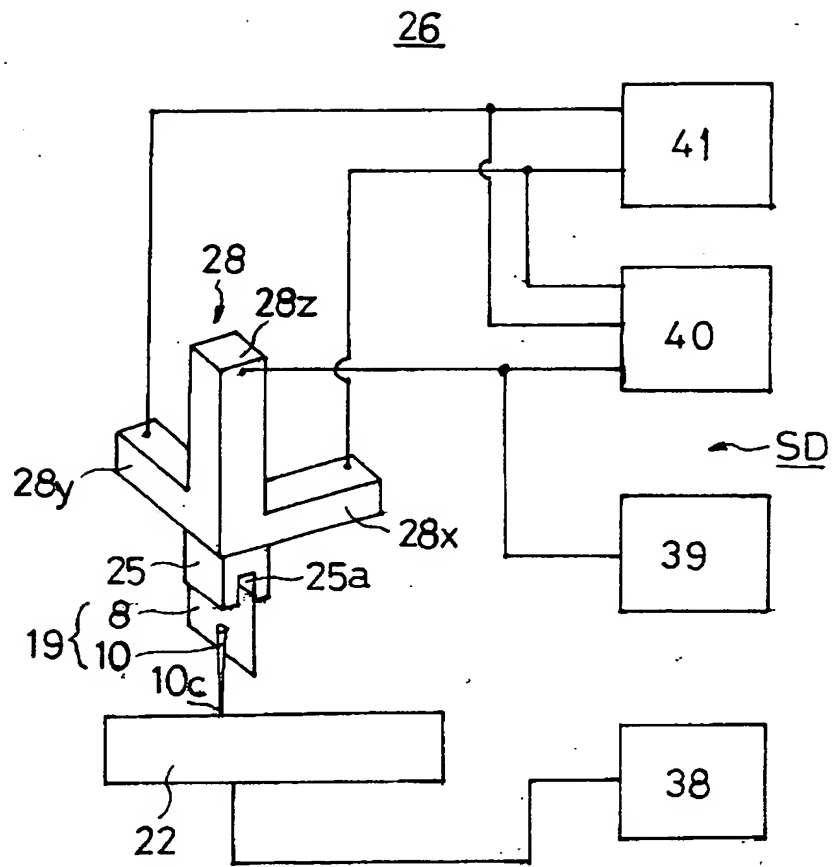
【図6】



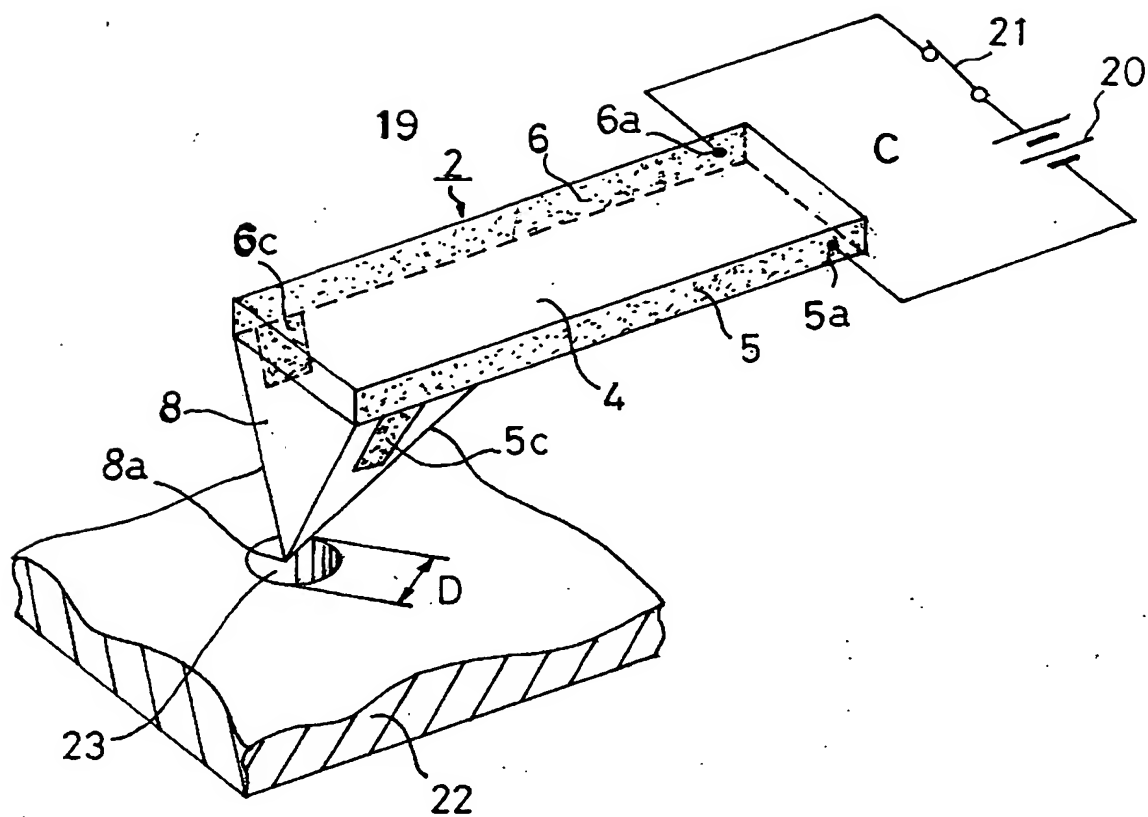
【図7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 試料の数 $n\text{ m}$ サイズの熱情報を検出でき、また熱記録媒体に形成する孔径を数 $n\text{ m}$ に極小化して、高密度記録を実現できる発熱プローブを開発する。

【解決手段】 本発明に係る発熱プローブ 19 は、ホルダー 8 に基端部 10 b を固定して先端部 10 a が突設された導電性ナノチューブ探針 10 と、この導電性ナノチューブ探針 10 の周面に形成された発熱体 15 と、この発熱体 15 に固定された導電性ナノチューブリード線 16 と、この導電性ナノチューブリード線 16 と前記導電性ナノチューブ探針 10 の両端に通電する手段から構成され、前記発熱体 15 に通電して導電性ナノチューブ探針 10 の先端 10 c を加熱することを特徴としている。この発熱プローブ 19 と、この発熱プローブ 19 を熱記録媒体 22 に対し走査する走査機構と、導電性ナノチューブ探針 10 の先端 10 c を発熱させる制御回路 C から発熱プローブ装置 26 を構成して、熱記録媒体 22 の表面 22 a に極小の孔パターン 23 の記録を可能にする。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

| | |
|---------|---------------|
| 特許出願の番号 | 特願2001-081671 |
| 受付番号 | 20100300058 |
| 書類名 | 特許願 |
| 担当官 | 大西 まり子 2138 |
| 作成日 | 平成13年 4月 9日 |

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

| | |
|----------|--------------------------|
| 【識別番号】 | 599004210 |
| 【住所又は居所】 | 大阪府枚方市香里ヶ丘1-14-2 9号棟 404 |
| 【氏名又は名称】 | 中山 喜萬 |

【特許出願人】

| | |
|----------|----------------------|
| 【識別番号】 | 591040292 |
| 【住所又は居所】 | 大阪府大阪市城東区放出西2丁目7番19号 |
| 【氏名又は名称】 | 大研化学工業株式会社 |

【代理人】

| | |
|----------|-----------------------------------|
| 【識別番号】 | 100084342 |
| 【住所又は居所】 | 大阪府堺市百舌鳥梅北町3丁125番地の211 三木特許事務所 |
| 【氏名又は名称】 | 三木 久巳 |

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [599004210]

1. 変更年月日 1999年 1月 6日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府枚方市香里ヶ丘1-14-2 9号棟 404

氏 名 中山 喜萬

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [591040292]

1. 変更年月日 1991年 3月 1日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市城東区放出西2丁目7番19号

氏 名 大研化学工業株式会社